

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Madli Jürisson

Virtuaalreaalsus insuldi taastusravis kõnni ja tasakaalu parandamiseks

Virtual Reality in Stroke Rehabilitation to Enhance Balance and Gait

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

PhD, J. Sokk

MSc, M. Bergmann

Tartu, 2018

Sisukord

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
SISSEJUHATUS.....	4
1. INSULDIJÄRGSED MUUTUSED INIMESE ORGANISMIS.....	5
1.1 Insuldi definitsioon ja tekkepõhjused.....	5
1.2 Insuldi jääknähud ja funktsionaalsed häired.....	6
1.2.1 Sümptomid.....	6
1.2.2 Kõnd.....	7
1.2.3 Tasakaal.....	8
1.3 Kõnni ja tasakaalu füsioterapeutiline hindamine.....	9
1.4 Insuldi taastusravi peamised põhimõtted.....	10
1.5 Neuraalne reorganisatsioon.....	11
2. VIRTUAALREAALSUS JA SELLE KASUTAMINE FÜSIOTERAAPIAS.....	13
2.1 Virtuaalreaalsus ja selle kasutamine taastusravis.....	13
2.2 Laialdasemalt kasutatavad virtuaalreaalsuse süsteemid.....	14
2.2.1 Hindamismeetodid enne sekkumise läbi viimist virtuaalreaalsuse abil.....	14
2.2.2 Virtuaalreaalsuse süsteemid tasakaalutreeningus.....	15
2.2.3 Virtuaalreaalsuse süsteemid kõnnitreeningus.....	19
2.3 Virtuaalreaalsuse negatiivsed küljed.....	24
KOKKUVÕTE.....	26
KASUTATUD KIRJANDUS.....	27
SUMMARY.....	31

KASUTATUD LÜHENDID

ADL – igapäevaelu tegevused, ingl. k *activities of daily living*

BBS – *Berg Balance Scale*

ER – eksperimentaalrühm

IREX – *Immersive Rehabilitation Exercise*

KR – kontrollrühm

MMSE – *Mini-Mental State Examination*

TIA – transitoorne isheemiline atakk

TUG – *Timed Up and Go*

VK – virtuaalne keskkond

VR – virtuaalreaalsus

SISSEJUHATUS

Insult on ülemaailmselt üks sagedamatest surmapõhjustest (Langhorne et al., 2011). Insuldi tagajärjel toimuvad muutused patsiendi organismis, mille tõttu tekib kõige sagedamini motoorne defitsiit. See omakorda vähendab patsiendi elukvaliteeti. (Mehrholtz, 2012) Töö autori arvates moodustab insuldi taastusravi haiguse laialdase esinemise tõttu suure osa füsioteraapia valdkonnast.

Virtuaalreaalsus (VR) on arvuti abil tekitatud simulatsioon virtuaalsest keskkonnast (VK), mis võimaldab selle kasutajal tehnoloogia abil loodud keskkonda tajuda sarnasena reaalsele maailmale. Kasutajal on võimalik VK-s ringi liikuda ja erinevaid ülesandeid sooritada. (Weiss et al., 2006) VR näol on tegu innovatiivse valdkonnaga, mida kasutatakse meditsiinis aina enam, et pakkuda motiveerivat keskkonda ja intensiivset teraapiavõimalust (KNGF, 2014). VR-i abil saab teraapia käigus harjutada erinevate funktsionaalsete tegevuste korduvat sooritamist (KNGF, 2014) ja vastavalt patsiendi võimekusele ülesandeid keerulisemaks muuta (You et al., 2005).

Antud bakalaureusetöö jaotub kaheks osaks: esimene osa annab teaduskirjandusel põhineva ülevaate insuldijärgsetest muutustest patsiendi motorsetes funktsioonides, kusjuures suurem rõhk on kõnnil ja tasakaalul. Teine osa keskendub taastusravis kasutatavatele VR seadmetele, nende tööpõhimõttele ja efektiivsusele kõnni ja tasakaalu arendamises.

Käesoleva bakalaureusetöö autor valis antud teema, sest meditsiinis kasutatakse aina enam kõrgtehnoloogilisi seadmeid, kuid infot nende efektiivsuse kohta on vähe. Insuldi korral on rohkem uuritud VR mõju ülajäseme funktsiooni parandamiseks, kuid vähem on tähelepanu pööratud VR mõjule kõnni ja tasakaalu taastusravis, kuigi need on bakalaureusetöö autori arvates insuldi järgselt tihti häirunud ja vähendavad patsientide elukvaliteeti. Lisaks on antud valdkonda bakalaureusetöös vähe käsitletud.

Töö eesmärgiks oli välja selgitada, millised VR süsteemid on kasutusel insuldi taastusravis patsientide kõnni ja tasakaalu parandamiseks, teada saada nende mõju, efektiivsus ning eelised ja puudused võrreldes traditsioonilise füsioteraapiaga. Bakalaureusetöö võiks huvi pakkuda füsioteraapia bakalaureuseõppe tudengitele ja füsioterapeutidele, kes tegelevad insuldijärgsete patsientidega.

Antud bakalaureusetöö põhineb teaduskirjandusel, kus suurema osa allikatest moodustavad teadusartiklid, mis pärinevad andmebaasidest nagu *PubMed*, *Scopus*, *Google Scholar* ja *PEDro*. Lisaks on töö autor kasutanud artikleid raamatutest.

Märksõnad: insult, virtuaalreaalsus, taastusravi, kõnd, tasakaal

Keywords: stroke, virtual reality, rehabilitation, gait, balance

1. INSULDIJÄRGSED MUUTUSED INIMESE ORGANISMIS

1.1 Insuldi definitsioon ja tekkepõhjused

Maailma Tervishoiuorganisatsiooni (*World Health Organisation*, WHO) järgi on insult põhjustatud verevarustuse katkemisest ajus, mistõttu on takistatud aju varustamine hapniku ja toitainetega. Tagajärjena tekib ajukoe kahjustus. Tekkepõhjuseks on veresoone katkemine või ummistumine trombi tõttu. (WHO, 2018) Transitoorne isheemiline atakk (TIA) on mini-insult, mille sümptomid taanduvad 24 tunni jooksul alates ilmnemisest (Rosamond et al., 2008).

Igal aastal esineb Ameerika Ühendriikides umbes 780 000 insulti, millest 600 000 on esmakordsed ja 180 000 korduvad juhtumid. Insult on Ameerika Ühendriikides kolmas surmapõhjus südamehaiguste ja vähi järel. Statistika järgi haigestub Ameerika Ühendriikides insulti üks inimene iga 40 sekundi järel. (Rosamond et al., 2008) Hollandis on insulti haigestujate arv aastas umbes 45 000. Naiste vanus haigestumisel on keskmiselt 72 eluaastat, meestel 69. (KNGF, 2014)

Eestis on insulti esmahaigestumus teiste maadega võrreldes suur (Kõrv et al., 2004). Aastas esineb 188 juhtu 100 000 elaniku kohta ning meeste hulgas on haigus märgatavalt sagedasem. Vanuse suurenedes kasvab haigestumise sagedus ka naiste hulgas. (Vibo et al., 2007) Umbes kolmandik haigestunutest on nooremad kui 65 aastat. Ida-Euroopas peetakse suurema suremuse põhjuseks riskifaktorite laialdasemat esinemist. (Kõrv et al., 2004) Vibo et al. (2007) Eestis läbi viidud uuringus selgus, et 28 päeva pärast insulti haigestumist oli patsientide suremus 26%.

Insult jaotub isheemiliseks ja hemorraagiliseks, kus viimane jaguneb intratserebraalseks ja subarahnoidaalseks. Isheemilist insulti esineb kõige sagedamini – 80% juhtudest. Insuldist põhjustatud häired sõltuvad kahjustuse lokaliseerimisest ajus. Kõige tihemini esineb insuldi järgselt motoorse funktsiooni halvenemine. (Langhorne et al., 2011) 60% juhtudest väljendub see hemipareesina (Rosamond et al., 2008). Hemiparees on ühe kehapoole nõrkus. Hemipleegia aga ühe kehapoole täielik halvatus. (Kenyon & Kenyon, 2004)

Insuldi sagedamateks riskiteguriteks on hüpertensioon ja kodade virvendusarütmia, mis vastavalt suurendavad insuldi riski umbes kolm ja viis korda (Kõrv et al., 2004). Teised riskitegurid on diabeet, varasemad TIA episoodid, isheemilised südamehaigused, inaktiivne eluviis, liigne alkoholi tarbimine ja suitsetamine (Kõrv et al., 2004; Vibo et al., 2007).

Insult jaotub haigestumisest möödunud aja järgi krooniliseks ja akuutseks. Akuutne käsitlus jaguneb kaheks. Esimene etapp on akuutne ravi, mille alla kuulub sekundaarne preventatsioon ja varane taastusravi. Teiseks etapiks on taastusravi ja sekundaarse preventatsiooni jätkamine taastus- või järelravi osakonnas, kodus või hooldusasutuses. (Kõrv et al., 2004) 50-

70% patsientidest saavutavad peale insuldi iseseisvuse, kuid 15-30% jäävad püsiva puudega (Rosamond et al., 2008).

Insuldist möödunud aja järgi jaotub insuldi taastusravi järgmiselt: (KNGF, 2014)

- hüperakuutne/akuutne – insuldist möödunud kuni 24 tundi. Eesmärgiks on alustada varase rehabilitatsiooni ja patsiendi aktiveerimisega;
- varane rehabilitatsioon – insuldist möödunud 24 tundi kuni kolm kuud. Eesmärgiks on häirunud funktsioonide taastamine ja vajadusel kohanduste tegemine patsiendi kodukeskkonnas;
- hiline rehabilitatsioon – insuldist möödunud kolm kuni kuus kuud. Eesmärgiks on suurendada patsiendi iseseisvust ja osalust igapäevaelus;
- rehabilitatsioon kroonilises faasis – insuldist möödunud kuus kuud ja rohkem. Patsiendi nõustamine ja toetamine. Eesmärgiks igapäevaellu kohanemise protsessi soodustamine.

1.2 Insuldi jääknähud ja funktsionaalsed häired

1.2.1 Sümptomid

Isheemiline insult võib vastavalt kahjustuse lokalisatsioonile anda erinevaid sümptomeid: (Adams et al., 2003)

Vasaku ajupoolkera insult:

- afaasia,
- parema kehapoole hemiparees,
- sensoorse funktsiooni, ruumitaju ja nägemise häirumine,
- bulbuste pööramise häire paremale.

Parema ajupoolkera insult:

- vasaku kehapoole hemiparees,
- sensoorse funktsiooni, ruumitaju ja nägemise häirumine,
- bulbuste pööramise häire vasakule.

Subkortikaalne või ajutüve insult:

- hemiparees (puhas motoorne insult) või tundlikkuse häirumine (puhas sensoorne insult),
- düsartria,
- ataktiline hemiparees,
- häire puudub kognitsiooni, nägemis- või kõnefunktsioonis.

Ajutüve insult:

- motoorse või sensoorse funktsiooni häire kõigis neljas jäsemes,
- sümptomid võivad esineda koldega samas näopooles ja vastaskehapooles,

- nüstagmid,
- düskoordinatsioon bulbuste pööramisel,
- ataksia,
- düsartria, düsfaagia.

Väikeaju insult;

- ipsilateraalne jäsemete ataksia,
- ataksia kõnnil.

Sekundaarseteks insuldi komplikatsioonideks on valu, depressioon, kognitiivne defitsiit (Rosamond et al., 2008), muutused lihastoonuses, -jõus, -vastupidavuses ning muutused iseloomus ja temperamendis (Langhorne et al., 2011).

1.2.2 Kõnd

Kõnni ja iseseisva liikumise häirumine on üks insuldipatsiente enim mõjutavaid aspekte ning kõnnitreening ja iseseisva kõnnioskuse taastamine on taastusravi üks olulisemaid osi. Paljude patsientide jaoks on kõnni taastamine kõige tähtsamaks eesmärgiks. (Winstein et al., 2016; Yang et al., 2008) Häirunud kõnnioskust seostatakse suurenenud kukkumisriskiga. Olulised igapäevaelu aspektid, mis on kõnnioskusega tihedalt seotud, on siirdumine istuvast asendist seisma ja tagasi istuma, treppidel kõnd, pööramine ja kiiresti kõndimine. (Winstein et al., 2016)

Peamised probleemid, mis peale insuldi esinevad, on kõnnikiiruse (läbitud vahemaa ajaühikus) vähenemine ja kõnni asümmeetria (Patterson et al., 2008). Lisaks esineb häireid kõnni rütmis (sooritatud sammude arv ajaühikus) ja vähenenud sammupikkuses (Chen et al., 2005). Sümmeetrilisuse vähenemist seostatakse energiakulu suurenemisega ja kõnnikiiruse langusega. Omakorda võib see viia patsientide kehalise aktiivsuse vähenemisele. (Patterson et al., 2008) Lisaks on märgatud hemipareesiga patsientide suurenenud sammulaiust, mis kompenseerib häirunud tasakaalu (Chen et al., 2005).

Hemipareesiga patsientidel toimub energiakulu suurenemine kõnni ajal peamiselt pareetilise alajäseme eelhoofaasis ja hoofaasi kestel. Esineb pareetilise jala hoofaasi pikenemine ja toefaasi lühenemine. Terves alajäsemes toimuvad vastupidised muutused. (Chen et al., 2005)

Ka liigeste liikuvusulatuses toimuvad muutused pareetilise ja terve alajäseme vahel. Pareetilises alajäsemes väheneb hoofaasi ajal ja alajäseme äratõukel aluselt põlveliigese fleksioon. (Chen et al., 2005)

Kõnni hindamiseks ja analüüsimiseks kasutatakse ajalisi ja ruumilisi parameetreid. Ajalised parameetrid on hoo- ja toefaasi ning sammu- ja kõnnitsükli kestus. Ruumilised parameetrid on sammu- ja kõnnitsükli pikkus. (Patterson et al., 2008)

Patersson et al. (2008) läbi viidud uuringust selgus, et 55,5% uuritavatest esines asümmeetrilisus kõnni ajalistes parameetrites ja 33,3% ruumilistes parameetrites. Asümmeetrilisus ruumilistes parameetrites esines vaid neil patsientidel, kellel oli tugev asümmeetria ajalistes parameetrites.

Chen et al. (2005) läbi viidud uuringust selgus, et kineetiline energia alajäseme vabastamisel aluselt väheneb. See on kooskõlas leiuga, et insuldipatsientide puhul väheneb hoofaasi eelfaasis alajäseme plantaarfleksorite või puusapainutajate poolt tekitatud propulsioon. Seega on oluline suurendada eelmainitud lihasrühmade jõudu ja liikuvusulatust, et genereerida piisavalt jõudu äratõukeks ja hoofaasis oleva alajäseme mööda viimiseks toejalast. Lisaks tõid patsiendid kõnni ajal pareetilise alajäseme hoofaasis ette lateraalsemalt ja toimus vaagna elevatsioon, et vähenenud põlveliigese liikuvust kompenseerida ja alajäseme vabastamine aluselt efektiivsemaks muuta.

1.2.3 Tasakaal

Tasakaal on võime saavutada, säilitada ja taastada keha asendit, kontrollides keha raskuskeskme paiknemist tugipinna suhtes. Tasakaalu hoidmine on mitmete sensomotoorsete oskuste koosmõju, mis on vajalik igapäevaelu tegevuste sooritamiseks. (Mehrholz, 2012)

Tasakaal jaotub staatiliseks ja dünaamiliseks. Staatiline tasakaal on võime fikseeritud tugipinnal seistes asendis püsida, dünaamiline tasakaal aga võime vastata välisele stiimulile ja liikuvale tugipinnale kehaasendi säilitamisega. (Ragnarsdóttir et al., 1996)

Tasakaal on esmase insuldi järgselt häiritud rohkem kui 80% patsientidest (Tyson et al., 2006). Halvenenud tasakaalu tõttu on raskendatud igapäevaelu tegevused (ADL), iseseisev elu ja liikumine nii kodus kui väljaspool kodu. Tasakaalu halvenemisega suureneb ka kukkumisrisk. Häirunud tasakaal võib suurendada hirmu kukkumise ees, mis omakorda vähendab patsiendi kehalist aktiivsust. (Winstein et al., 2016) Probleemid võivad esineda nii istudes, seistes kui kõndides (Tyson et al., 2006).

Tasakaalu halvenemine insuldijärgselt tekib mitmete faktorite koosmõjul. Tasakaaluhäirete tekkes võivad rolli mängida vähenenud lihasjõud ja liigesliikuvus, atüüpiline lihastoonus, sensoorsed muutused ja häirunud kognitsioon. (de Oliveira et al., 2008)

Posturaalkontroll on võime säilitada keharaskuskeset toebaasi raamides. Posturaalkontroll sõltub peamiselt somatosensoorsest, visuaalsest ja vestibulaarsest informatsioonist, kuid on mõjutatav ka teiste faktorite poolt. (de Oliveira et al., 2008)

Insuldipatsientidel esineb võrreldes tervete eakaaslastega rohkem keha kõikumist, et keharaskuskeset toebaasi kohal säilitada. Lisaks ei kanna hemipareesiga patsiendid keharaskust võrdselt mõlemale alajäsemele, vaid suurem osa keharaskusest on tervel alajäsemel. (Tyson et al., 2006)

Bonan et al. (2004) läbi viidud uuringust selgus, et hemipleegiaga insuldipatsientidel esines märgatavalt suurem keha kõikumine, kui visuaalne informatsioon on elimineeritud. Seega võib järeldada, et hemipleegiaga patsiendid kasutasid tasakaalu säilitamiseks võrreldes kontrollrühmaga (KR) nägemismeelt suuremal määral. Põhjuseks võib olla somatosensoorse või vestibulaarse informatsiooni häire või kompensatoorne strateegia halvenenud tasakaalu tõttu.

1.3 Kõnni ja tasakaalu füsioterapeutiline hindamine

Välja on töötatud väga palju erinevaid teste, mille abil kõndi ja nii staatilist kui dünaamilist tasakaalu hinnata. Kegelmeyer et al. (2014) järgi on testi valikul oluline silmas pidada, et seda saaks kasutada vastavas insuldifaasis oleva patsiendiga ja test läheks kokku patsiendi funktsionaalsete eesmärkidega.

Tasakaalu funktsionaalne hindamine annab ülevaate, kuidas patsient suudab sooritada erinevaid ADL tegevusi (Bronstein & Pavlou, 2013). Staatilise tasakaalu ja posturaalse kõikumise hindamiseks kasutatakse dünamograafilist platvormi (Cho et al., 2012). Dünaamilise tasakaalu hindamiseks laialdasemalt kasutatavad testid on *Berg Balance Scale* (BBS), *Get Up and Go*, *Timed Up and Go* (TUG), *Tinetti Balance and Mobility Scale*, *Functional Reach Test* ja *The Functional Gait Assessment* (Bronstein & Pavlou, 2013). Patsiendi tasakaalu saab kliinilises keskkonnas hinnata ka *Rombergi* testi ja kõnnivaatluse abil. (Bronstein & Pavlou, 2013)

Kõnni hindamiseks kasutatakse 3-dimensioonilist kõnnianalüüsi (Cho et al., 2012). Selle puudumisel aga teste, millest tuntumad on 6-minuti kõnnitest ja 10-meetri kõnnitest. Vastavalt patsiendi seisundile ja võimekusele saab neid kasutada nii insuldi subakuutses kui kroonilises faasis oleva patsiendi hindamiseks. (Kegelmeyer et al., 2014) Lisaks on olemas testid nagu *Dynamic Gait Index*, *Stops Walking When Talking Test* ja *Functional Gait Assessment*, mis annavad infot, kuidas patsient suudab kõndi vastavalt keskkonnatingimustele kohandada ja mitme tegevusega korraga hakkama saada (Bronstein & Pavlou, 2013).

Bakalaureusetöö autori kogemuse põhjal kasutatakse Eestis dünaamilise tasakaalu hindamiseks eelnimetatud testidest tihemini järgnevaid: TUG, BBS, *Tinetti Balance and Mobility Scale*, *Functional Reach Test*. Kõnni hindamiseks aga 6-minuti ja 10-meetri kõnniteste.

Yang et al. (2008) kasutasid oma uuringus patsientide iseseisva liikumisvõime hindamiseks testi *Community walk test*, kus uuritavad pidid kõndima 400 m pikkuse vahemaa, mille jooksul pidid ületama tänavat, üle astuma takistustest ja kõndima kallakust üles ja alla.

Bakalaureusetöö autori arvates on insult haigus, mis võib põhjustada väga erinevaid muutusi patsiendi organismis. Käesolevas peatükis anti ülevaade esinevatest häiretest ning keskenduti insuldijärgsetele muutustele kõnnis ja tasakaalus. Toodi välja testid, mida füsioteraapias kõnni ja tasakaalu hindamiseks tihemini kasutatakse. Edasi tutvutakse insuldi taastusravi ja neurolplastilisuse printsiipidega.

1.4 Insuldi taastusravi peamised põhimõtted

Insuldipatsientide taastusravis mängivad olulist rolli motoorne õppimine, sooritatava tegevuse suur korduste arv, tagasiside võimaldamine (Holden, 2005) ja patsiendi motiveerimine (Holden, 2005; Weiss et al., 2006). Insuldi taastusravi peamisteks komponentideks on patsiendi seisundi hindamine, eesmärkide seadmine koos patsiendiga, sekkumine püstitatud eesmärkide täitmiseks ja vahe- või lõpphindamine, et eesmärkide saavutamist hinnata (Langhorne et al., 2011).

Motoorse funktsiooni parandamiseks kasutatakse tänapäeval peamiselt patsiendi varajast mobiliseerimist, kõrge intensiivsuse ja suure korduste arvuga treeningut, üldise kehalise võimekuse parandamist ning kõnnitreeningut erinevate tehnoloogiliste seadmete abil, näiteks kõnnirajal (Langhorne et al., 2011). Arvatakse, et eesmärgipärane treening mängib motoorse funktsiooni paranemises olulist rolli ja toetab funktsionaalset taastumist. Seetõttu on eesmärgipärane treening taastusravis laialdaselt kasutusel. (Kwakkel et al., 2004)

Insuldi järgselt alustatakse taastusraviga nii vara kui võimalik, et võimalikult kiiresti taastada patsiendi iseseisvus osalisel või täielikul määral (Langhorne et al., 2011). Varajane mobiliseerimine aitab ennetada komplikatsioonide, nagu näiteks süvaveeni tromboos, tekkeriski (O'Dell et al., 2009). Lisaks annab see võimaluse vähendada depressiooni ja osteoporoosi tekkeriski (Winstein et al., 2016). Motoorse võimekuse paranemise indikaatoriteks on lihasjõu ja kõnnikiiruse suurenemine ning jäsemete liigutuste täpsuse paranemine (Langhorne et al., 2011).

Insuldist taastumine on kompleksne protsess, mis toimub spontaanse paranemise ja õppimisest sõltuvate faktorite koosmõjul. Viimasteks loetakse restitutsiooni (kahjustatud neuraalse koe funktsionaalsuse taastamine), kompensatsiooni (patsiendi häirunud oskuste paranemine vastavalt keskkonna nõudmistele) ja asendamist (reorganiseerumine, kus kahjustatud koe ümberkaudsed alad võtavad kahjustatud koe ülesanded üle). (Kwakkel et al., 2004)

1.5 Neuraalne reorganisatsioon

Neuroplastilisus on närvisüsteemi omadus kohaneda funktsionaalsete nõudmistega ja reorganiseeruda. Inimese aju on dünaamiline, plastiline ja võimeline muutuma läbi kogu elu. On leitud, et kahjustuse järgselt toimub ajus funktsionaalne reorganiseerumine kahjustatud ajukoest ja kaugemalolevatelt aladelt kahjustamata ajukoe aladele. (Nudo et al. 2001)

Motoorse funktsiooni paranemine toimub neuronite reorganiseerumise tõttu kahjustatud piirkonnas. Kortikaalse reorganisatsiooni ja plastilisuse peamiseks mõjutajateks teraapias on eesmärgipärased tegevused ja korduste arv. Rolli mängivad ka sooritatava tegevuse emotsionaalne mõju ning taktilised ja visuaalsed stiimulid. (Kwakkel et al., 2004) Motoorse võimekuse taastumise ulatus sõltub sellest, kui suurel hulgal suudavad neuronid sekkumise käigus reorganiseeruda (Xiao et al., 2017). Kortikaalse reorganiseerumise toimumist on seostatud ka VR kasutamisega taastusravis (KNGF, 2014).

Miyai et al. (2003) viisid läbi uuringu, kus uuritavateks oli kaheksa hemipareesiga patsienti, kes sooritasid taastusravi käigus kõnnitreeningut kõnnirajal. Leiti, et enne sekkumist oli uuritavatel kõndides kahjustatud ajupoolkera kooreosa väiksemal määral aktiveerunud kui kahjustamata ajupoolkeral: täheldati kahjustatud ajupoolkera sensomotoorse korteksi väiksemat aktivatsiooni võrreldes teise ajupoolkera, premotoorse korteksi ja suplementaarse motokorteksiga. Taastusravi järgselt oli uuritavatel vähenenud neuronite aktiveerumise asümmeetrisus kahjustatud ja kahjustamata ajupoolkera vahel. Seega võib kahjustatud ajupoolkera sensomotoorse korteksi aktiveerumine olla peamiseks mehhanismiks, mis pareetilise jäsme motoorse funktsiooni taastumises rolli mängib. Eelmainitud muutusi uuritavate ajus seletataksegi intensiivse harjutamise tõttu toimuva neuroplastilisusega.

Samasuguseid tulemusi nagu eelnevalt kirjeldati, leidsid oma uuringus Xiao et al. (2017). Uuringus osales kaheksa uuritavat, kellel oli kolm kuud tagasi isheemiline insult olnud. Uuritavate keskmine vanus oli 58 eluaastat. Sekkumise käigus said nad kolme nädala jooksul 15 VR treeningut. Teraapia kestis korraga 60 minutit. Sekkumine VR abil kujutas ringi liikumist pargis, tänaval ja takistuste ületamist ning VK oli kuvatud ekraanile, mis paigutati kõnnilindi ette. Sekkumise järgselt märgati neuronite suuremat aktivatsiooni kahjustusepoolses sensomotoorses korteksis.

You et al. (2005) seevastu said teistsugused tulemused. Uuring viidi läbi kümne hemipareesiga patsiendiga VR abil, kus KR-i ja eksperimentaalrühma (ER) vahel jagunesid uuritavad võrdselt. Sekkumise käigus sai ER kolme nädala jooksul viis tunniajast treeningut nädalas VR süsteemi *Immersive Rehabilitation Exercise* (IREX) abil. KR sekkumist ei saanud. Uuringu läbiviijad leidsid, et teatud liigutuste sooritamisel, mis olid insuldi tõttu häirunud, toimus aju kooreosa neuronite aktivatsioon haaratud ajupoolkera asemel kontralateraalses

ajupoolkeras. Uuritavad väitsid peale sekkumise lõppu, et ADL tegevuste sooritusvõime paranes ja nad on haaratud kehapoole kasutamisel julgemad.

Tulemuste erinevus võis tekkida põhjusel, et You et al. (2005) läbi viidud uuringus osalesid kroonilise hemipareesiga uuritavad ja Xiao et al. (2017) uuringus subakuutsed insuldipatsiendid. Ka sekkumise käigus kasutatavad VR süsteemid olid erinevad: esimeses uuringus kasutati IREX süsteemi, teises aga kõnnirada koos VR-ga. Seega ei ole siiani täpselt teada, millise mehhanismi kaudu sekkumine VR-i abil ajus toimub.

2.VIRTUAALREAALSUS

2.1 Virtuaalreaalsus ja selle kasutamine taastusravis

VR on arvuti abil tekitatud simulatsioon reaalsest keskkonnast, mille kasutajal on võimalik arvuti ja inimese vastastikuse interaktsiooni kaudu simuleeritud keskkonnaga suhelda. VR varustab kasutajat peamiselt visuaalse informatsiooniga, aga võib anda tagasisidet ka auditoorse, taktilise ja olfaktoorse sisendi kaudu. (Weiss et al., 2006) Infot võib saada nii ühe kui ka mitme stiimuli kaudu. Kõige sagedamini kasutatakse visuaalset ja auditoorset tagasisidet. (Holden, 2005) Visuaalne informatsioon jõuab kasutajani peamiselt arvutiekraani, projektori või VR prillide kaudu (Weiss et al., 2006).

VR-i poolt tekitatavad keskkonnad erinevad selle poolest, kui suur osa saadavast infost tuleb VK-st. See omakorda sõltub nii programmi riistvarast kui ka tarkvarast (Weiss et al., 2006).

Üldiselt jaotatakse VR keskkonnad kolmeks:

- programmid, mis võimaldavad kasutajal saada infot vaid VK-st;
- programmid, kus kasutaja saab infot nii reaalsest maailmast kui ka VK-st, kuid domineerib VK-st saadava info hulk;
- programmid, kus VK projitseeritakse kasutaja ees olevale ekraanile või seinale.

Jaotus toimub selle järgi, kui suurel hulgal VR keskkonnad kasutajat nii-öelda endasse haaravad. VR süsteemid, kus peamine osa infost tuleb VK-st, peab kasutaja kandma näiteks VR prille, mis loovad illusiooni, et kasutaja viibibki VK-s. (KNGF, 2014) Teaduskirjandust analüüsisides märkas töö autor, et insuldi taastusravis on peamiselt kasutusel VR programmid, kus VK projitseeritakse seinale, ekraanile või kuvatakse arvutiekraanilt.

Sõltuvalt programmi riist- ja tarkvarast saab VR-i abil sooritatavaid ülesandeid keerulisemaks muuta ja kohandada kasutaja võimekusega. VR-i kasutajad saavad VK-s objektidega manipuleerida ja neid liigutada. (Holden, 2005; Weiss et al., 2006) Et VK-ga paremini harjuda, saab kasutaja vastavalt oma tegevusele pidevat multisensoorset tagasisidet (Cho & Lee, 2014). Tagasiside on tavaliselt visuaalne ja auditoorne, harvemini ka taktiline ja vestibulaarne (Holden, 2005; Weiss et al., 2006).

VR-il on oluline koht taastusravis, sest see annab võimaluse kaasata patsient aktiivselt teraapiasse ning sooritada teraapiat turvalises ja kontrollitud, kuid reaalses keskkonnas. Tavalise füsioteraapia abil on keeruline tekitada ootamatuid olukordi, mis oleksid ohutud ja uuesti korratavad. See hõlmab endas näiteks avalikus ruumis liikuvate inimeste ootamatuid pöörded ja suunavahetusi. VR-i abil on võimalik eelnimetatud olukordi tekitada patsiente ohtu seadmata. (Weiss et al., 2006) Eelnimetatud aspektide tõttu on võimalik VR-i abil iseseisva

liikumisvõime harjutamisega alustada varem ja turvalisemalt ning treeningu läbi viimiseks ei ole palju ruumi vaja (Fung et al., 2006).

VR-i kaasamise positiivset efekti on seostatud ka sellega, et VR pakub suuremat välist motivatsiooni ja patsiendid keskenduvad tähelepanelikumalt sooritatavale ülesandele (Xiao et al., 2017). VK-s etteantud ülesannete positiivne sooritamine võimaldab patsiendil kogeda eduelamust ja seetõttu suurenebki motivatsioon (Yang et al., 2008).

Varasemalt on leitud, et insuldipatsientidel annab paremaid tulemusi keharaskuse kandmise harjutamine pareetilisele kehapoolele, kui patsient näiteks peegli abil visuaalset tagasisidet saab. Suuremal hulgal visuaalse informatsiooni ja tagasiside andmine aitab neil märgata oma keha ebaõiget asendit ja paiknemist ruumis. Arvatakse, et sarnane efekt on VR-il, kus patsient saab oma kujutist ekraanilt jälgida. (Yavuzer et al., 2006)

Siiani VR-i insuldiravis kasutatud kõige rohkem selleks, et parandada patsiendi ülajäseme motoorset funktsiooni, aga ka kõndi, ratastooliga liikumise oskust ning tasakaalu. VR-i kasutamine taastusravis soodustab motoorset õppimist ning VK-s õpitud oskused kanduvad üle reaalsesse maailma ja igapäevaellu. (Holden, 2005)

Eelnimetatud põhjuste tõttu usub antud bakalaureusetöö autor, et VR kasutamine insuldi taastusravis kõnni ja tasakaalu parandamiseks võiks anda positiivseid tulemusi.

2.2 Laialdasemalt kasutatavad virtuaalreaalsuse süsteemid

Peamiselt kasutatakse VK loomiseks eri firmade poolt toodetud riist- ja tarkvara, mille abil saab mängida erinevaid mänge (You et al., 2005). Teiseks variandiks on näiteks tänava- või maastikupiltide abil loodud VK, kus kasutaja peab ringi liikuma ja erinevaid ülesandeid sooritama: näiteks üle takistuste astuma ja tänavat ületama (Yang et al., 2008). Järgnevalt annab töö autor ülevaate peamistest hindamismeetoditest, mis uuringutes enne sekkumist läbi viidi. Seejärel tutvustatakse peamisi VR süsteeme, mida kõnni ja tasakaalu arendamises kasutatakse ja millist mõju nad avaldavad.

2.2.1 Hindamismeetodid enne sekkumise läbi viimist virtuaalreaalsuse abil

Kõikides käesolevas bakalaureusetöös kasutatud uuringutes osalesid uuritavad, kellel oli insuldist möödunud kuus kuud või enam – seega olid nad kroonilised insuldipatsiendid. Erandiks oli Xiao et al. (2017) läbi viidud uuring, kus insuldist oli möödunud kolm kuud või vähem. Uuringutesse valiti insuldi kroonilises faasis uuritavad, et elimineerida spontaanse paranemise efekti (Cho & Lee, 2014; Yang et al., 2011).

Staatilist tasakaalu hinnati posturaalse kõikumise kaudu, mida mõõdeti dünamograafilise platvormi abil (Cho & Lee, 2014). Enne sekkumist mõõdeti uuritavate keha

survetsentri nihe anteroposterioorses ja mediolateraalses suunas ja keharaskuse kandmise sümmeetrilisuse indeks mõlema alajäseme vahel (Cho et al., 2012; Yang et al., 2011).

Barcala et al. (2013) läbi viidud uuringus mõõdeti enne sekkumist uuritavate keha sümmeetrilisust baropodomeetria meetodi abil. Mõõtmise teostati surveplatvormi abil, mis mõõtis jalatalla suurimat survet aluspinnale. Keharaskuse kandmise sümmeetrilisuse ja staatilise tasakaalu mõõtmiseks seisis uuritavad paljajalu surveplaadile ja pidid jälgima ühe meetri kaugusel asuvat punkti 30 sekundi vältel. Staatilist tasakaalu hinnati ka suletud silmadega.

Kuna VK-s navigeerimiseks on vaja mõista korraldusi ja juhiseid, siis selgitati uuringus osalemiseks sobilik kognitiivne võimekus välja *Mini-Mental State Examination* (MMSE) testi abil (Cho & Lee, 2014). Teaduskirjandust analüüsid märkas bakalaureusetöö autor, et käesolevas töös läbi töötatud uuringutes oli üks osalemiseks seatud kriteeriumitest MMSE testi skoor 24 punkti või enam.

2.2.2 Virtuaalreaalsuse süsteemid tasakaalu treeningus

IREX on VR süsteem, kus enamus stiimulitest tuleb VK-st. Seade salvestab arvutiga ühendatud kaamera abil kasutaja liigeskinemaatika, et kuvada arvutiekraanile tema kujutis. See annab kasutajale võimaluse ennast VK-s näha ja tagasisidet saada. IREX süsteemi kasutades ei ole vaja kanda VR prille ega muid seadmeid, mis arvutiga ühenduses on. (You et al., 2005)

You et al. (2005) läbi viidud uuringus kasutati IREX süsteemi, et arendada uuritavate tasakaalu, üles ja alla astumist ja liikumisosavust. Uuringus osales 10 hemipareesiga uuritavat, kelle keskmine vanus oli 57 eluaastat. ER sai sekkumist 60 min korraga, viis korda nädalas nelja nädala jooksul. KR sekkumist ei saanud. Uuringus osalejad pidid sekkumise jooksul erinevaid VR mänge mängima: trepist üles ja alla astumist imiteeriv mäng arendab põlve- ja puusaliigese aktiivset liikuvust fleksioon- ja ekstensioonsuunas, keharaskuse kandmist pareetilise kehapoolele ja ühel jalal seismise osavust. Astumist saab harjutada ka külge ees, mis lisaks eelnimetatule aitab tugevdada puusaliigese abduktoreid.

Teises mängus pidid uuritavad veealuses maailmas punkte koguma ja haigest hoiduma, kolmandas mängus lumelauaga mäest alla sõitma. Mängud hõlmasid kehatüve fleksioon-, ekstensioon, lateraal- ja rotatsioon-suunalist liigutamist ja astumist küljele, ette või taha, et vältida rajal olevaid takistusi ja koguda punkte. Selle tulemusena areneb kehatüve mobiilsus ja liigutuskiiirus ning keharaskuse kandmise oskus, mis on eelduseks lokomotoorsete ülesannete täitmiseks tavaelus. Veel on eesmärgiks julgustada patsiente keharaskust pareetilisele kehapoolele kandma. (You et al., 2005)

Vastavalt uuritava võimekusele valitakse VR mängu raskusaste, mida saab järk-järgult suurendada. You et al. (2005) läbi viidud uuringus sai muuta korduste arvu ja VK liikumise kiirust. Lisaks saab ülesandeid keerukamaks teha tasapinda muutes: asetada uuritava jalge alla vahtkummi alus, lisada alajäsemetele raskusi või kummilint.

Bakalaureusetöö autori arvates annab You et al. (2005) läbi viidud uuring informatiivse kirjelduse VR süsteemi ja mängude kohta. Sellegipoolest oli uuringus keskendutud muutustele ajus VR toimet, kuid ei olnud kirjeldatud uuritavate võimekust enne ja pärast sekkumist. Välja oli toodud vaid küsitlus, mille käigus andsid uuritavad hinnangu muutustele oma seisundis. Seega on raske hinnata VR toimet patsientide liikumisvõimele, mis on uuringu suureks puuduseks.

Kim et al. (2009) viisid uuringu läbi IREX programmi ja eelnevalt kirjeldatud mängude abil, et arendada nii liikumisvõimet kui ka tasakaalu. Seega saab IREX programmi mitmeotstarbelisena kasutada. Uuringus osales 24 hemipareesiga uuritavat, kelle keskmine vanus oli 52 eluaastat. Eesmärgiks oli välja selgitada, kas VR kombineeritud tavapärase füsioteraapiaga annab paremaid tulemusi kui ainult füsioteraapia. KR sai tavapärasest füsioteraapiast, ER lisaks füsioteraapiale VR sekkumist. Sekkumise käigus said uuritavad nelja nädala jooksul neli korda nädalas 40 minutit füsioteraapiat. ER sai lisaks 30 minutit sekkumist VR abil. Sekkumise järgselt oli suurenenud kõnnikiirus, -rütm, sammupikkus ja vähenenud sammu sooritamiseks kuluv aeg ER uuritavate hulgas rohkem kui KR-is. Paranes BBS testi tulemus ja kõnnikiirus, mida uuringu autorid seletasid motoorse õppimise mehhanismiga. Märkimisväärseid muutusi staatilise tasakaalu osas ei toimunud. Uuringu autorid seletasid seda sellega, et kasutatud VR mängud keskendusid dünaamilise tasakaalu arendamisele. (Kim et al., 2009)

Fritz et al. (2013) kasutasid oma uuringus VR süsteeme *Nintendo Wii* ja *Sony PlayStation 2*, mis on mõlemad tavakasutajale kättesaadavad ja seega kasutatavad ka kodus keskkonnas. ER-is oli 15 ning KR-is 13 hemipareesiga uuritavat. Sekkumine kestis viis nädalat, kus uuritavad said nädalas neli 50-minutilist VR treeningut. ER sai ise valida, milliseid mängu nad soovivad mängida, terapeut andis soovitusi ja juhendas korrektse tehnika ja kehaasendi osas mängimise ajal. KR sekkumist ei saanud. Sekkumise järgselt ei märgatud tähelepanuväärseid muutusi kummagi rühma kõnnikiiruses, kuid paranes ER uuritavate tulemus 6-minuti kõnnitestis, mida seostatakse kardiovaskulaarse vastupidavuse suurenemisega.

Nintendo Wii puhul on olemas sama firma poolt loodud mängude tarkvara ja mängimiseks vajalikud seadmed nagu puldid ja tasakaalulaud (Lee et al., 2015). Nii *Nintendo Wii* kui *PlayStation* VR süsteemi korral ilmub kasutaja ette mängija enda kujutis VK-s. Näiteks

tasakaalulaul seistes aktiveerub selle survesensor ja ekraanile ilmub uuritava kujutis, mis kopeerib uuritava liigutusi ja annab visuaalset tagasisidet. (Cho et al., 2012) *Nintendo Wii* mängud hõlmavad endas teemavalikuid, näiteks *Wii Sports* ja *Wii Fit*, *Playstationi* puhul aga *EyeToy Play 2* ja *Kinetic*. Mõlema teemavaliku all on erinevad mängud, mis arendavad dünaamilist tasakaalu, kiirust, täpsust ja üldist liikumisoskust. (Fritz et al., 2013) *Wii Fit* programm koosneb üle 40 mängust ning keerulisema mängu juurde saab liikuda peale eelmise positiivset sooritamist (Barcala et al., 2013).

Cho et al. (2012) *Nintendo Wii* tasakaalulaua (*Wii Fit Balance Board*) abil läbi viidud uuringus pidid uuritavad tasakaalulaul seistes erinevaid sportlikke mängu mängima, mis imiteerisid suusatamist, jalgpalli, lauatennist ja muid taolisi mängu (Joonis 1). Tasakaalulaul koosneb platvormist, mille küljes olevad sensorid mõõdavad kehakaalu ja keha raskuskeskme paiknemist (Barcala et al., 2013).

Cho et al. (2012) läbi viidud uuringus oli nii ER-is kui KR-is 12 uuritavat, kellest kõik said füsioteraapiat, tegevusteraapiat ja vajadusel kõneteraapiat viis korda nädalas kuue nädala jooksul. ER sai lisana kolm korda nädalas 30 minuti jooksul VR sekkumist. ER uuritavate keskmine vanus oli 65 eluaastat ja KR-is 63 eluaastat. Sekkumise järgselt paranesid BBS ja TUG testi tulemused ER hulgas märgatavamalt võrreldes KR-ga. Sellest võib järeldada, et paranes ER uuritavate dünaamiline tasakaal. Seevastu staatilise tasakaalu ja keha kõikumise osas sekkumise järgselt märgatavaid muutusi kummagi rühma puhul ei täheldatud.



Joonis 1. Tasakaalutreening *Nintendo Wii* tasakaalulaua abil (Cho et al., 2012).

Barcala et al. (2013) läbi viidud uuringust selgus, et *Wii* tasakaalulaua ja *Wii Fit* programmi mängude abil läbi viidud sekkumise järgselt oli uuritavate keharaskuse kandmine pareetilise ja mittepareetilise kehapoole vahel märgatavalt sümmeetrilisemaks muutunud. Vähenes ka keha surveysentri kõikumine mediolateraalses ja anteroposterioorses suunas.

Uuringus osales nii KR-is (keskmine vanus 63 eluaastat) kui ER-is (keskmine vanus 65 eluaastat) 10 uuritavat. Sekkumise käigus said mõlemad rühmad viie nädala jooksul kaks treeningut nädalas. Eelnimetatud parameetrid paranesid sekkumise järgselt nii ER kui ka KR uuritavatel, kuid KR-i kuuluvad uuritavad said traditsioonilist füsioteraapiat, mis hõlmas staatilise ja dünaamilise tasakaalu treeningut ning funktsionaalsete tegevuste harjutamist. Seega võib väita, et VR-i kasutamine annab sama positiivseid tulemusi kui traditsiooniline füsioteraapia.

Yang et al. (2011) viisid läbi uuringu, kus nii KR kui ER kõndisid kõnnirajal, kuid ER-i kuuluvate uuritavate ette oli kuvatud VR keskkond *Superscape*. Uuritavate ülesandeks oli kõndida pargis ja sooritada pöördeid või ringi liikuda kodukeskkonnas, kus nad pidid lülitate puudutamiseks sammu kõrvale astuma või käega vastava liigutuse tegema. Pöörde sooritamiseks pidid uuritavad vastavalt paremale või vasakule astuma. Raja läbimiseks tuli sooritada 16 pööret. Uuringus osales 14 hemipareesiga uuritavat, kus KR-i keskmine vanus oli 65 ja ER-i keskmine vanus 56 eluaastat. Sekkumine kestis kolm nädalat, kus uuritavad said kolm treeningut nädalas. Nii ER kui KR sooritasid treeningu kõnnirajal, kuid ER treeningule lisati VR süsteem.

Sekkumise lõppedes selgus, et ER-i kuuluvatel uuritavatel paranes keha surveysentri nihe mediolateraalses suunas ja tasakaal istuvast asendist püstudes (*Sit-to-stand test*). Seismistasakaal muutus sümmeetrilisemaks, mida võib seostada suurenenud keharaskuse kandmisega pareetilisele alajäsemele. (Yang et al., 2011)

Lee et al. (2015) läbi viidud uuringus insuldipatsientide tasakaalu treenimiseks kasutati *Nintendo Wii* seadmete abil erinevaid mänge: istumistasakaalu arendamine, köielkõnd, suusatamine, pingviinina kala püüdmine jm. Mängud arendasid keharaskuse kandmise oskust nii istudes kui seistes. Näiteks pidid uuritavad keharaskust kandma selliselt, et nende keha surveysenter langeks kokku ekraanil kujutatud ringiga. Teistes mängudes pidid uuritavad mäest alla suusatades lippudest mööduma, kalu jääle sattumata püüdma või palle aukudesse veeretama. Kõikide eelnimetatud mängude eesmärgiks oli harjutada keharaskuse kandmist pareetilisele alajäsemele ja arendada posturaalse stabiilsuse strateegiaid.

Uuringus osales nii ER-is kui KR-is 12 uuritavat, kelle keskmine vanus oli vastavalt 45 ja 49 eluaastat. Kõik uuringus osalejad said füsioteraapiat 60 minutit päevas viis korda nädalas kuue nädala jooksul. ER sai lisaks sekkumist VR abil ja KR eesmärgipõhist tasakaalutreeningut nagu treppidel ja ebatasasel pinnal kõnd, jalaga palli löömine jm. Mõlemad treeningud kestsid 30 minutit kolm korda nädalas. Sekkumise järgselt olid nii ER-i kui KR-i hulgas paranenud *Functional Reach Test* tulemus. Uuringu autorite arvates võib väita, et sekkumine VR abil annab sama positiivseid tulemusi kui tavapärane füsioteraapia. (Lee et al., 2015)

Cho & Lee (2014) läbi viidud uuringus, mille täpsem kirjeldus on järgmises alapeatükis, selgus järgnevalt. VK-s kõnnirajal treeninud uuritavatel paranes võrreldes KR-ga TUG ja BBS testide tulemus ja seega dünaamiline tasakaal, mida seletatakse paljude võimalustega treeningu käigus keharaskust pareetilisele alajäsemele kanda nii kõndides kui virtuaalseid takistusi ületades. Seevastu muutusi staatilises tasakaalus ei toimunud kummaski rühmas.

Ka Cho & Lee (2013) läbi viidud uuringust selgus, et TUG ja BBS testide tulemused paranesid sekkumise järgselt märgatavalt. Seega võib järeldada, et paranes uuritavate tasakaal kõnni ajal. Paranes ka kõnnikiirus ja –rütm, muus osas võrreldes KR-ga muutusi ei toimunud. Erinevusi ei leitud ka reaalmaailma videosalvestise ja animeeritud video järgi treeninud uuritavate vahel.

Teaduskirjandust analüüsid selgus, et enamustes eelmainitud uuringutes paranes VR abil uuritavate dünaamiline tasakaal ja keharaskuse kandmise sümmeetrilisus mõlemale alajäsemele, aga staatilises tasakaalus märgatavat muutust ei toimunud. Käesoleva bakalaureusetöö autori arvates mängib rolli tõsiasi, et enamus sekkumisi VR abil nõudsid dünaamilise tasakaaluga seotud aspektide harjutamist nagu sammude astumine eri suundadesse või kükitamine.

Keharaskuse kandmise sümmeetrilisuse paranemine võib töö autori arvates olla seotud asjaoluga, et VR mängude mängides keskendub patsient mängule ja mitte oma harjumuspärasele kehaasendile. Hemipareesiga insuldipatsientidel võib olla tihti tunne, et keharaskust pareetilisele jäsemele kandes asetsevad nad viltu ja seetõttu tunnevad end ebakindlalt. Mängude mängides võib aga patsient enda teadmata oma keha sümmeetrilisemas asendis hoida ja seetõttu toimub pidev treening.

Seega võib järeldada, et posturaalse kontrolli oskused, mis on omandatud dünaamilise tasakaalu harjutamise käigus, ei pruugi üle kanduda staatilise tasakaalu ja posturaalse stabiilsuse parandamiseks. Ka vastupidiselt ei pruugi posturaalse kõikumise vähenemine väljenduda funktsionaalsetes tegevustes. (Yang et al., 2011) Küll aga selgub uuringute tulemustest, et VR on efektiivne viis dünaamilise tasakaalu arendamiseks ja annab vähemalt sama positiivseid tulemusi kui tavapärane füsioteraapia.

2.2.3 Virtuaalreaalsuse süsteemid kõnnitreeningus

Juba varasemalt on teada, et kõnnitreening kõnnilindil annab positiivseid tulemusi kõnnikiiruse paranemises (Cho & Lee 2013). See aga ei pruugi igapäevaellu üle kanduda keskkonnafaktorite tõttu: tänaval takistuste ületamine või teised inimesed, kelle käitumist ja manöövreid ei saa ette näha – nad võivad sooritada ootamatuid pöördeid või seisma jääda. Seega on välja pakutud, et kõnnitreening VR-i abil annab võimaluse eelnimetatud tingimustes

kõndi kõnnilindil harjutada. (Yang et al., 2008) VR programmiga eelnevalt tutvunud terapeut teab, millised olukorrad VK-s või mängus ette tulevad ja saab patsienti vajaduse korral juhendada, abistada ja tagada turvalisuse (Weiss et al., 2006).

Kirjandust analüüsid märkas töö autor, et laialdasemalt kasutatavaks viisiks, kuidas kõnnitreening VR abil läbi viia, on kõnnilindi ees olev ekraan, kuhu kuvatakse VK. Kui VK on ühendatud kõnnilindiga, saab vastavalt uuritava võimekusele kõnnikiiruse määrata ja uuritava seisundi paranedes seda suurendada.

Paljudes VR süsteemides on automaatne seadistus, kus kõnnikiirus suureneb, kui uuritav on teatud aja stabiilselt liikunud. Sobiva kõnnikiiruse leidmiseks ja uuritava võimekuse suurendamiseks tegid näiteks Yang et al. (2008) järgnevat: uuritavad alustasid kõndimist kõnnirajal endale sobivas tempos. Kiirust tõsteti järgneva teraapiasessiooni ajal 5%, kui uuritav suutis vastava kiirusega 20 sekundit järjest kõndida ja tundis end seejuures kindlalt. Samamoodi tegutsesid Cho & Lee (2013; 2014), kus uuritavate ette kuvati VR keskkond, mis kujutas videosalvestisi reaalsest maailmast.

Xiao et al. (2017) läbi viidud uuringus pidid uuritavad kõndima VK-s, mis kujutas pargis ja tänaval liikumist ning teel olevate takistuste ja tänava ületamist. Yang et al. (2008) läbi viidud uuringus kasutati samuti eelnimetatud varianti, kus kõnnilindi ees olevale ekraanile kuvati VK, mis kujutas Taipei linnatänavaid. Uuringu eesmärgiks oli välja selgitada, kas VR avaldab positiivset mõju patsientide iseseisvale liikumisvõimele nii kodus kui väljaspool kodu. See on iseseisvuse tagamise oluliseks aspektiks, sest avalikus ruumis ringi liikumine hõlmab nii takistuste ületamist kui ümbritsevaga arvestamist.

Yang et al. (2008) uuringus oli ER-is 11 (keskmine vanus 55 eluaastat) ja KR-is üheksa (keskmine vanus 60 eluaastat) hemipareesiga uuritavat. ER-i uuritavate ülesandeks oli VK-s üle sõidutee kõndida, pargis jalutada ja teelolevaid takistusi ületada. Teekonna läbimine nõudis kõnnikiiruse muutmist, üles- ja allamäge kõndimist ning teiste liiklejatega kokkupõrgete vältimist. KR kõndis kõnnilindil ja pidi samal ajal ülesandeid ilma VR keskkonnata täitma: kõnnikiirust muutma või üle kujuteldavate takistuste astuma. Sekkumise käigus said uuritavad kolme nädala jooksul üheksa 20-minutilist kõnnitreeningut. Sekkumise järgselt oli nii ER-i kui KR-i hulgas paranenud kõnnikiirus ja *Community Walk Test* tulemus, mis viitab paranenud iseseisvale liikumisvõimele, kuid tulemused olid märgatavamad ER-i uuritavate seas.

Yang et al. (2011) läbi viidud uuringus oli kõnnirada ühendatud VR süsteemiga *Superscape*, kus arvuti kuvab pildi LCD ekraanile. Uuritavate ülesandeks oli kõndida pargis ja sooritada pöördeid või ringi liikuda kodukeskkonnas, kus nad pidid lülitate puudutamiseks sammu kõrvale astuma või käega vastava liigutuse tegema. Pöörde sooritamiseks pidid uuritavad vastavalt paremale või vasakule astuma. Raja läbimiseks tuli sooritada 16 pööret.

Uuringus osales 14 hemipareesiga uuritavat, kes jaotud võrdselt KR ja ER vahel. KR uuritavate keskmine vanus oli 65 eluaastat, ER-is 56 eluaastat. Sekkumine kestis kolm nädalat, kus uuritavad said kolm treeningut nädalas. Nii ER kui KR sooritasid treeningu kõnnirajal, kuid ER treeningule lisati VR süsteem. Sekkumise järgselt paranes ER-i kõnnikiirus ja pareetilise alajäseme toefaasi pikkus suuremal määral kui KR-i hulgas. Lisaks suurenes pareetilisel alajäsemel pindala, mis on aluspinnaga kontaktis. Eelnimetatu tõttu muutus uuritavate kõnd sümmeetrilisemaks. Põhjuseks võis olla teraapia jooksul sooritatud suur sammude arv ja korduv keharaskuse kandmine anteroposterioorses suunas. (Yang et al., 2011)

McEwen et al. (2014) kasutasid uuringus VR süsteemi IREX, mida on insuldipatsientide puhul kasutatud ka tasakaalu arendamiseks. KR-is osales 30 ja ER-is 29 uuritavat, kelle keskmine vanus oli vastavalt 62 ja 66 eluaastat. Eesmärgiks oli parandada uuritavate iseseisvat liikumisvõimet kodukeskkonnas või kogukonnas. Kasutatavad mängud olid aga erinevad: uuritava ülesandeks oli olla väravavaht jalgpallis või lumelaudur. KR mängis mängu istuvas asendis, mis ei nõudnud keharaskuse kandmist pareetilisele alajäsemele, ER aga seistes. Sekkumise jooksul said mõlemad uuritavate rühmad 10-12 20-minutilist sessiooni kolme nädala jooksul. Sekkumise järgselt olid nii ER-i kui ka KR-i seas paranenud TUG ja *Ten Meter Walk Test* tulemused, kuid muutused olid märgatavamad ER-i hulgas.

Cho & Lee (2013) ja Cho & Lee (2014) läbi viidud uuringutes sooritas ER kõnnitreeningut VR abil, mis kujutas videosid reaalmaailmast. Mõlemas uuringus sooritas KR kõnnitreeningut kõnnirajal ilma VR lisamista. Eesmärgiks oli välja selgitada, kas kõnnitreening kõnnilindil VR abil annab paremaid tulemusi kui treening ilma VR kuvamiseta. Uuritavatele kuvati kõnnilindil kõndimise ajal ekraanile kuus erinevat rada, mis olid videosalvestised reaalmaailmast. ER kõndis 400-meetrisel rajal päikeselise ja vihmase ilmaga, takistustega, nii päeval kui öhtul ning pargis (Joonis 2 ja Joonis 3). Et minimeerida küberhaiguse võimalikke sümptomeid nagu iiveldus või oksendamine, kasutati filmimise ajal kaamera stabilisaatorit, et video oleks sujuv. Auditoorne stiimul lisati kõlarite abil.

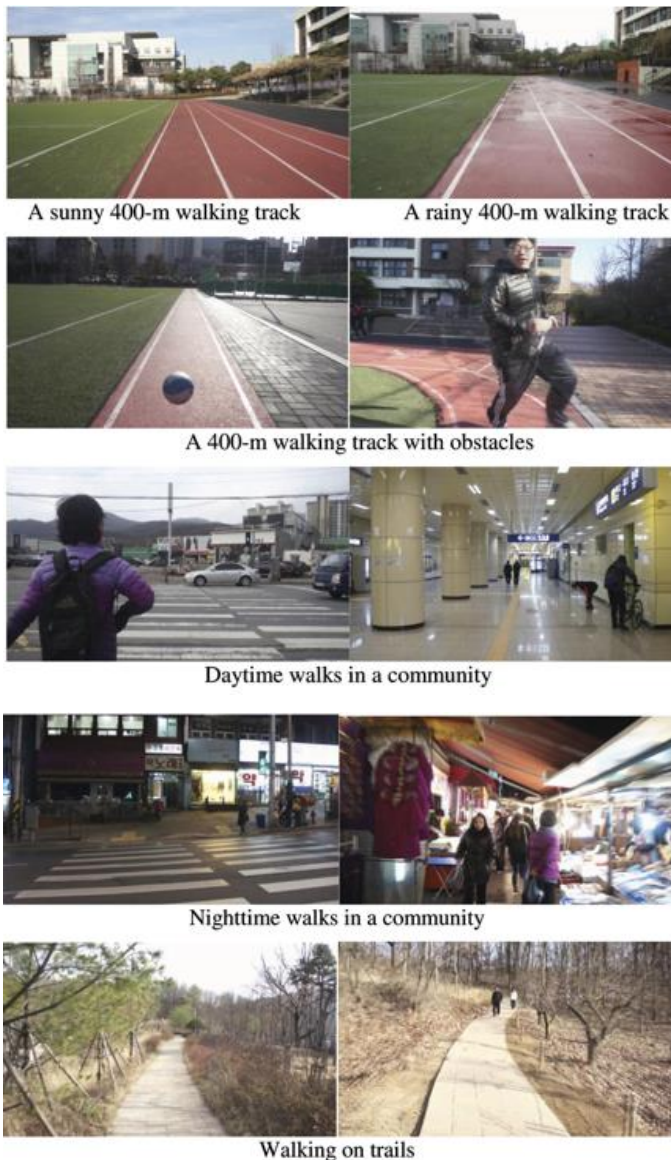
Cho & Lee (2014) läbi viidud uuringus osales nii ER-is kui KR-is 15 hemipareesiga uuritavat, kelle keskmine vanus oli vastavalt 65 ja 63 eluaastat. Uuritavad said 18 30-minutilist kõnnitreeningut kuue nädala jooksul. Nii ER kui KR said lisaks kõnnitreeningule taastusravi, mis koosnes füsioteraapiast, tegevusteraapiast ja funktsionaalsest elektrostimulatsioonist.

Cho & Lee (2013) uuringus osales mõlemas rühmas seitse uuritavat, kus KR uuritavate keskmine vanus oli 65 ja ER uuritavate keskmine vanus 64 eluaastat. Mõlema rühma uuritavad said sekkumist 30 minutit päevas, kolm korda nädalas kuue nädala jooksul. ER-i ette oli kuvatud VR ning KR sooritas tavapärasest kõnnitreeningut kõnnirajal.



Joonis 2. VR treening kõnnilindil reaalmaailma videosalvestiste järgi (Cho & Lee, 2014).

Sekkumise järgselt paranes nii Cho & Lee (2014) kui ka Cho & Lee (2013) läbi viidud uuringutes ER-i kõnnikiirus, võrreldes KR-ga toimus märgatavam muutus TUG ja BBS testide tulemustes. Cho & Lee (2013) läbi viidud uuringus paranes sekkumise järgselt ka kõnnirütm. Uuringu läbiviijad seostasid ER-i kuuluvate uuritavate kõnni paranemist multisensoorse tagasisidega, mis suurendas uuritavate motivatsiooni ja vähendas pingutuse suuruse tajumist.



Joonis 3. Videosalvestised reaalmaailmast (Cho & Lee, 2014).

Fung et al. (2006) kasutasid oma uuringus CAREN (*Computer Assisted Rehabilitation Environments*) tarkvara, mis salvestab kokkupõrke virtuaalsete objektidega, kuvab uuritava kujutise reaajas ekraanile ja sünkroniseerib kõnnilindi liikumiskiiruse virtuaalmaailma pildi liikumisega. Seega saab uuritav pidevat tagasisidet oma tegevuse kohta. ER koosnes kahest insuldijärgsest uuritavast, kes liikusid kolmes VK-s: koridoris, pargis ja tänavat ületades. KR oli üks terve uuritav, kes kõndis kõnnirajal ilma VK lisamiseta. Vastavalt uuritava võimekusele oli võimalik ülesandeid raskemaks muuta, mis haaras eri kiirustel kõndi ja kiiret otsuste tegemist kokkupõrgete vältimiseks. Uuritav sai liikuda uue stseeni juurde, kui oli eelneva kolm korda korrektselt etteantud aja jooksul läbinud. Auditoorne tagasiside andis infot ülesande läbimise kohta. Uuringust selgus, et uuritavad olid võimelised VR-ga kohanema ja harjutamise käigus oma kõnnikiirust vastavalt etteantud ajale suurendama.

Käesoleva bakalaureusetöö autori arvates on Fung et al. (2006) läbi viidud uuringu miinuseks väike uuritavate arv: uuringus osales kolm uuritavat ning seetõttu ei saa uuringu põhjal tõsiseltvõetavaid järeldusi teha. Lisaks ei olnud kirjeldatud, milliseid füsioterapeutilisi teste ja hindamismeetodeid viidi läbi enne ja peale sekkumist.

Mirelman et al. (2009) kasutasid uuritavate kõnnivõime parandamiseks VR süsteemi *Rutgers Ankle Rehabilitation System*, kus hemipareesiga uuritavad sooritasid harjutusi istudes. Uuritavad pidid VK-s alajäseme liigutamise abil lennukit või laeva juhtima ja sihtmärke tabama. Harjutused hõlmasid labajala liigutamist järgmistes suundades: dorsaal-, plantaarfleksioon, inversioon ja eversioon ning kombinatsioonid eelnevatest suundadest. KR sooritas sarnaseid harjutusi ilma VR süsteemita. Uuringus osales nii KR-is kui ER-is üheksa uuritavat, kelle keskmine vanus oli 61 eluaastat. Sekkumine kestis neli nädalat, kus uuritavad said nädalas kolm tunniajast teraapiat. Sekkumise lõppedes oli ER-i päevane sooritatud sammude arv suurenenud 43%, KR-il aga 6,7%. Uuringu läbiviijad märkisid, et sekkumise jooksul kurtis KR varem väsimust ja vajas harjutuste sooritamiseks rohkem suusõnalist juhendamist kui ER. Suurenes ka ER-i uuritavate kõnnikiirus ja 6-minuti kõnnitesti tulemus.

Seega võib järeldada, et ka kõnni komponentide harjutamine soodustab kõnnikiiruse paranemist. Kuna kõige suurem muutus kõnnikiiruse paranemises toimus uuritavatel, kellel uuringu alguses oli kõige väiksem kõnnikiirus, siis uuringu autorite sõnul võib treening istuvas asendis anda paremaid tulemusi patsientidel, kelle kõnnikiirus on väike. (Mirelman et al., 2009)

VR-i teraapiasse kaasamise positiivne toime võib seisneda motoorse õppimise mehhanismis. VR-i kasutamise tulemusena on kõnni ja tasakaalu paranemine tihedas seoses. Selle järgi on võimalik, et insuldi kroonilises faasis patsiendid on võimelised VK-s navigeerides taasõppima ja kasutama posturaalseid strateegiaid, et lahendada ülesandeid ja ületada takistusi. Seeläbi paraneb nende dünaamiline tasakaal. (Kim et al., 2009)

Kirjandust uurides märkas töö autor, et kõnnitreening viiakse tavaliselt läbi kõnnilindi abil, kuhu on kuvatud VR keskkond. Muutujaks on VR süsteem, mis erineb nii mängude sisu kui ka mängimiseks vajalike seadmete poolest. Uuritavatel on võimalik ülesandeid sooritada täielikult animeeritud keskkonnas või vastupidiselt võimalikult reaalses oludes. Cho & Lee (2014) järeldasid oma uuringutulemuste põhjal aga, et mida reaalsem on VR keskkond, seda efektiivsemaid tulemusi see kõnnitreeningus annab. Sellegipoolest on kõikide eelmainitud uuringute eesmärgiks suurendada patsientide iseseisvust ja mobiilsust ning arendada dünaamilist tasakaalu ja kõndi.

Käesoleva töö autori arvates võib uuringutulemuste põhjal väita, et kõnnitreening, mis on kombineeritud VR sekkumisega, avaldab positiivset mõju kõnnikiirusele ja -rütmile. Harjutused istudes VR abil aga samaväärset efekti ei andnud. Kuna käesolevas töös kasutatud uuringutes olid sekkumisperioodid erinevad, siis ei saa töö autori arvates järeldusi teha, millise intensiivsusega sekkumine annaks parimaid tulemusi. Kirjandust analüüsid märkas töö autor, et lisaks avaldab VR-i kasutamine kõnnitreeningus positiivseid efekte nagu näiteks patsiendi vastupidavuse ja motivatsiooni suurenemine. Seega saaks VR-i kasutada näiteks kombinatsioonis tavapärase füsioteraapiaga, et patsientidele vaheldust pakkuda.

2.3 Virtuaalreaalsuse negatiivsed küljed

Probleemid, mis VR-i kasutamisel esinevad, on seadmete kõrge hind ja limiteeritud kättesaadavus. Lisaks on VR-i vähe uuritud, seega on täpne toimemehhanism ja efektiivsus teadmata. (Weiss et al., 2006) VR kasutamise ja toime uurimiseks on insuldipatsientide taastusravis vähe uuringuid läbi viidud. Uuringutes osalejate arv on reeglina väike (Moreira et al. 2013), samalaadseid uuritavaid on vähe ja puudub KR, kus uuritavad oleksid juhuslikkuse alusel rühmadesse jaotatud (Cho & Lee, 2014). Lisaks on uuringu autorite sõnul sekkumise periood liiga lühike (Lee et al., 2015). Eelnimetatud põhjuste tõttu ei saa uuringutulemuste põhjal teha üldistavaid järeldusi.

Kui taastusravis kasutatakse tavakasutajale mõeldud VR seadmeid nagu näiteks *Nintendo Wii*, siis tuleb arvestada teatud probleemidega, mis võivad tekkida. Näiteks terapeudi puudulikud teadmised seadmete kasutamise kohta. (Laver et al., 2011) Cho et al. (2012) märkisid, et *Nintendo Wii* seadmete abil läbi viidud uuringu käigus oli keeruline kohandada VR mängu vastavalt patsientide tasakaalule ja insuldi raskusastmele.

Käesoleva bakalaureusetöö autor märkas teaduskirjandust analüüsid, et uuringutes osalemise kriteeriumiks oli piisav kognitiivne võimekus, mis selgitati välja MMSE testi abil. Seega võib eeldada, et VR kasutusvaldkond on limiteeritud ja ei sobi patsientidele, kes ei saa instruktsioonidest aru ja nende jaoks on mängude mängimine raskendatud.

Osalt VR seadmete kasutajatest esineb ka küberhaigus, mille sümptomid on silmade väsimine, peavalu, iiveldus, oksendamine ja uimasus. Küberhaiguse esinemine on individuaalne ja sõltub ka kasutatavast VR tehnikast. Kõige sagedamini on küberhaiguse sümptomeid täheldatud VR prille kandes, palju vähem aga siis, kui patsiendi ette on VK kuvatud arvutiekraani vahendusel või projitseeritud seinale. (Sharples et al., 2008) Käesolevas bakalaureusetöös kasutatud artiklites ei esinenud uuritavatel küberhaigust.

Veel usub töö autor, et vanemaealistel patsientidel võib olla raskusi kõrgtehnoloogiliste seadmete kasutamisega, kui neil puudub eelnev kogemus. See võib kujuneda probleemiks, sest enamuse insuldipatsiente on eakad. Benoit et al. (2015) läbi viidud uuringust seevastu selgus, et eakad uuritavad, kellel ei esinenud kognitiivseid probleeme, said VK-s navigeerimisega hakkama. Uuringus osalemiseks pidi uuritavates MMSE testi skoor olema üle 27 punkti. Uuritavate sõnul ei olnud VR mäng neile keeruline, kui nad piisavalt juhiseid said.

Moreira et al. (2013) järgi tuleks kriitiliselt suhtuda uuringute tulemustesse, kus on uuritud VR mõju patsientide liikumisvõimele, sest tihti ei ole esitatud juhusliku valimi koostamise protsessi detaile. Seetõttu ei pruugi uuringutulemused adekvaatsed olla. Lisaks on uuringutes alghindamiseks kasutatud väga erinevaid teste.

Kirjandust analüüsisides märkas töö autor, et mitmetes uuringutes pole mainitud VR süsteemi nime ega kirjeldatud ER ja KR määramise ega uuringu läbi viimise protsessi. Seetõttu ei olnud võimalik töö autori arvates nendes artiklites leiduvat infot kasutada. Artiklite valikul lähtus töö autor *PEDro* andmebaasis märgitud artikli usaldusväärsusest ning eelistas vanemaid, kuid usaldusväärsemaid artikleid.

Sellegipoolest on VR-i näol tegu kiiresti areneva valdkonnaga ning töötatakse selle nimel, et luua tavakasutajale kergemini kättesaadavaid ja odavamaid seadmeid (Weiss et al., 2006).

KOKKUVÕTE

Insult on teaduskirjandusele tuginedes üks sagedamatest surmapõhjustest. Insulti haigestumise tagajärjel võivad häiruda erinevad funktsioonid, millest käesolevas bakalaureusetöös käsitleti põhjalikumalt tasakaalu ja kõnnivõimet.

Tasakaalu ja kõnni hindamiseks kasutatakse füsioteraapias väga palju erinevaid teste. Kõnni hindamiseks kasutatakse teaduskirjanduse põhjal 3-dimensioonilist kõnnianalüüsi, testidest tihemini TUG või TMWT. Dünaamilise tasakaalu hindamiseks kasutatakse peamiselt teste nagu BBS või *Tinetti Balance and Mobility Scale*. Staatilise tasakaalu hindamiseks aga dünamograafilisi platvorme.

Seoses tehnoloogia kiire arenguga on välja töötatud erinevaid VR süsteeme, mille eesmärgiks on mängude ja ülesannete sooritamise kaudu arendada patsientide kõndi ja tasakaalu, pakkudes harjutamiseks turvalist keskkonda, intensiivset teraapiat ja kõnni ajal suurt korduste arvu. Lisaks võimaldab VR patsientidele motiveerivat teraapiat ja mängude lai valik vaheldusrikkust.

Käesolevas bakalaureusetöös kasutatud artiklite tulemustest selgus, et VR-i kasutamine annab positiivseid tulemusi nii tasakaalu kui ka kõnni arendamises insuldi taastusravis. Uuringutulemuste järgi toimusid märgatavamad muutused dünaamilise tasakaalu ja keharaskuse kandmise sümmeetrilisuse osas võrdselt mõlemale alajäsemele. Staatilise tasakaalu osas tähelepanuväärseid muutusi VR-i abil läbi viidud taastusravis ei toimunud. Peamised muutused kõnnis esinesid kõnnikiiruse ja kõnni sümmeetrilisuse osas. Kokkuvõtvalt võib nentida, et VR-i kasutamine andis vähemalt sama positiivseid tulemusi kui traditsiooniline füsioteraapia ning seega oleks VR-i kasutamine insuldi taastusravis õigustatud.

Käesoleva bakalaureusetöö autori arvates on erinevad VR süsteemid efektiivseks viisiks insuldi taastusravis, kuid probleemid võivad esineda seadmete limiteeritud kättesaadavuse ja kõrge hinna tõttu. Võimalusel võiks VR-i kombineerida traditsioonilise füsioteraapiaga eesmärgiga patsientidele vaheldust pakkuda ja motivatsiooni suurendada.

Tulevikus oleks vajalik läbi viia edasisi uuringuid, et välja selgitada VR-i toimimise täpne mehhanism ja mille alusel valida patsiendile sobivaim VR süsteem või mäng. Lisaks uurida, millise intensiivsusega ja kui pika aja jooksul peale insulti haigestumist annab taastusravi VR-i abil kõnni ja tasakaalu arendamises parimaid tulemusi.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Adams HP, Adams RJ, Brott T, del Zoppo GJ, Furlan A, et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Ischemic Stroke: A Scientific Statement From the Stroke Council of the American Stroke Association. *Stroke* 2003; 34:1056-1083.
2. Barcala L, Grecco LAC, Colella F, Lucareli PRG, Salgado ASI, et al. Visual Biofeedback Balance Training Using Wii Fit after Stroke: A Randomized Controlled Trial. *J Phys Ther Sci* 2013; 25:1027–1032.
3. Benoit M, Guerchouche R, Petit P-D, Chapoulie E, Manera V, et al. Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2015; 11:557–563.
4. Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, Vicaut E, Eisenfisz M, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: balance on dynamic posturography. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85:268–73.
5. Bronstein AM, Pavlou M. Balance. In: Barnes MP, Good DC, eds. *Handbook of Clinical Neurology. Neurological Rehabilitation*. New York: Elsevier; 2013, 110:189-208.
6. Chen G, Patten C, Kothari DH, Zajac FE. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait Posture* 2005; 22:51–56.
7. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med* 2012; 228:69-74.
8. Cho KH, Lee WH. Effect of treadmill training based real-world video recording on balance and gait in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *Gait Posture* 2014; 39:523-528.
9. Cho KH, Lee WH. Virtual Walking Training Program Using a Real-world Video Recording for Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study. *Am J Phys Med Rehabil* 2013; 92:371–384.
10. De Oliveira CB, de Medeiros IRT, Frota NAF, Greters ME, Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev* 2008; 45:1215–1226.
11. Fritz SL, Peters DM, Merlo AM, Donley J. Active Video-Gaming Effects on Balance and Mobility in Individuals with Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Top Stroke Rehabil* 2013; 20:218–225.

12. Fung J, Richards CL, Malouin F, Mcfadyen BF, Lamontagne A. A Treadmill and Motion Coupled Virtual Reality System for Gait Training Post-Stroke. *Cyberpsychol Behav* 2006; 9:157-162.
13. Holden MK. Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8:187-218.
14. Kegelmeyer DA, Kloos AD, Siles AB. Selecting Measures for Balance and Mobility to Improve Assessment and Treatment of Individuals After Stroke. *Top Stroke Rehabil* 2014; 21:303–315.
15. Kenyon K, Kenyon J. *The Physiotherapist's Pocketbook*. 2nd ed. London: Elsevier; 2004
16. Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a doubleblind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88:693-701.
17. KNGF (Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (Royal Dutch Society for Physical Therapy)). Clinical Practice Guideline for Physical Therapy in patients with stroke. 2014. http://neurorehab.nl/wp-content/uploads/2012/03/stroke_practice_guidelines_2014.pdf 15.04.2018
18. Kwakkel G, Kollen B, Lindeman E. Understanding the pattern of functional recovery after stroke: facts and theories. *Restor Neurol Neurosci* 2004; 22:281-299.
19. Kõrv J, Roose M, Kaasik A-E, Asser T, Kreis A, et al. *Insuldi Eesti ravijuhend*. 2004.
20. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *The Lancet* 2011; 377:1693-1702.
21. Laver K, George S, Ratcliffe J, Crotty M. Virtual reality stroke rehabilitation--hype or hope? *Aust Occup Ther J* 2011; 58:215-219.
22. Lee HJ, Kim YL, Lee SM. Effects of virtual reality-based training and task-oriented training on balance performance in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015; 27:1883–1888.
23. McEwen D, Taillon-Hobson A, Bilodeau M, Sveistrup H, Finestone H. Virtual Reality Exercise Improves Mobility After Stroke. An Inpatient Randomized Controlled Trial. *Stroke* 2014; 45:6.
24. Mehrholz J. *Physical Therapy For The Stroke Patient: Early Stage Rehabilitation*. Stuttgart: Thieme; 2012.
25. Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke* 2009; 40:169-74.

26. Miyai I, Yagura H, Hatakenaka M, Oda I, Konishi I, et al. Longitudinal optical imaging study for locomotor recovery after stroke. *Stroke* 2003; 34:2866.
27. Moreira MC, de Amorim Lima AM, Ferraz KM, Rodrigues MAB. Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients – a systematic literature review. *Disabil Rehabil* 2013; 8:357–362.
28. Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve* 2001; 24:1000-1019.
29. O'Dell MW, Lin CCD, Harrison V. Stroke Rehabilitation: Strategies to Enhance Motor Recovery. *Annu. Rev. Med.* 2009; 60:55–68.
30. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, Closson V, Verrier MC, et al. Gait Asymmetry in Community-Ambulating Stroke Survivors. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89:304-310.
31. Ragnarsdóttir M. The concept of balance. *Physiotherapy* 1996; 82:368– 375.
32. Rosamond W, Flegal K, Furie K, Go A, Greenlund K, et al. Heart disease and stroke statistics--2008 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation.* 2008; 117:25-146.
33. Sharples S, Cobb S, Moody A, Wilson JR. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays* 2008; 29:58-69.
34. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis, RC. Balance Disability After Stroke. *Phys Ther* 2006; 86:30-38.
35. Weiss PL, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation. In: Selzer M, Cohen L, Gage F, Clarke S, Duncan P, eds. *Textbook of neural repair and rehabilitation*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006, 182—197.
36. (WHO) World Health Organisation. Stroke, cerebrovascular accident. http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/ 29.03.2018
37. Vibo R, Kõrv J, Roose M. The Third Stroke Registry in Tartu, Estonia, from 2001 to 2003. *Acta Neurol Scand* 2007; 116:31-36.
38. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery. A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2016; 47:98-169.
39. Xiao X, Lin Q, Lo WL, Mao YR, Shi XC, et al. Cerebral Reorganization in Subacute Stroke Survivors after Virtual Reality-Based Training: A Preliminary Study. *Behav Neurol* 2017; 2017:1-8.

40. Yang S, Hwang WH, Tsai YC, Liu FK, Hsieh LF, et al. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training. *Am J Phys Med Rehabil* 2011; 90:969-78.
41. Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, Sung WH, Wang RY. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait Posture* 2008; 28:201–206.
42. Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Karaoglan B, Stam HJ. The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2006; 20:960-9.
43. You SH, Jang SH, Kim YH, Hallett M, Ahn SH, et al. Virtual reality – induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke* 2005; 36:1166-1171.

SUMMARY

Virtual Reality in Stroke Rehabilitation to Enhance Balance and Gait

Based on scientific studies, stroke is one of the leading causes of death. Different functions of the human body can be affected by a stroke. Balance and the ability to walk are more thoroughly handled in this bachelor thesis. Various tests are used in physiotherapy to assess balance and gait. According to scientific literature, gait analysis is used to assess the ability to walk, also TUG and Ten Minute Walk Test are often used while testing. BBS and Tinetti Balance and Mobility Scale are mostly used to evaluate dynamic balance. Static balance is measured on dynamographic platforms.

Many different virtual reality systems have been worked up in connection to the fast development of technology, the purpose of which is to improve the balance and walking of subjects through performing games and tasks, offering a safe environment to practice, intensive therapy and a large number of repetitions during walking. Virtual reality enables subjects a motivating therapy and the wide array of different games adds a touch of variety to procedures.

Articles used in this thesis showed that using virtual reality in the rehabilitation after a stroke gives positive results in developing both balance and gait. According to research results, more considerable changes occurred in dynamic balance and symmetry in applying body weight to both lower limbs. No notable changes were detected in static balance when carrying out therapy in virtual reality. Main changes in gait were related to increase of pace and increase in symmetry of applying body weight to lower limbs. In conclusion, one could state that using virtual reality in the therapy process gave at least as positive results as traditional physiotherapy, so using virtual reality in stroke rehabilitation would be justified.

In the opinion of the author of this thesis, different systems of virtual reality are an effective way to treat subjects after a stroke, although problems may occur due to limited availability of equipment or expensive pricing. Virtual reality could be combined with traditional physiotherapy in order to offer variety to subjects and also increase their motivation.

Further research needs to be conducted in the future in order to determine the specific mechanisms why virtual reality works, and also what to consider when choosing the system and game for a specific subject. Also it is necessary to study what intensity and how long after a stroke does virtual reality rehabilitation give the best results in developing gait and balance.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Madli Jürisson (14.01.1996)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “ Virtuaalreaalsus insuldi taastusravis kõnni ja tasakaalu parandamiseks ”

mille juhendaks on Jelena Sock ja kaasjuhendajaks Margot Bergmann,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 30.04.2018